

小麦ふすま多量添加食パンの品質に及ぼす加水量の影響

舘 和彦

岐阜女子大学家政学部健康栄養学科

(2016年1月29日受理)

Effects of the Amount of Added Water on the Quality of Bread Loaves with High Levels of Wheat Bran

TACHI Kazuhiko

Department of Health and Nutrition, Faculty of Home Economics,
Gifu Women's University, 80 Taromaru, Gifu, Japan (〒501-2592)

(Received January 29, 2016)

This study aimed to achieve successful preparation of bread loaves that show limited quality deterioration even when ample wheat bran was added. Effects of increased levels of added water on the quality (volume, color tone, physical properties, and palatability) of bread loaves were examined to obtain the results described below. Wheat bran adsorbs more water than wheat flour does. Therefore, larger amounts of water are adsorbed by dough with increases in the level of added wheat bran. Bread loaves with high levels of wheat bran (10% , 20% , and 30%) greatly improved in quality when water was added up to 90% in bread production. As the level of added water increased, bread loaves increased in volume, decreased in the level of color fading, softened in texture, and improved in cohesiveness. A sensory evaluation yielded higher scores in all criteria for bread loaves, with higher levels of water added. Bread loaves with water added at 90% and wheat bran at 10% or 20% were given palatability scores equivalent to or higher than that of a bread loaf with no wheat bran added.

キーワード：小麦ふすま (wheat bran), 食パンの品質 (quality of bread loaf), 加水量 (amount of Added water)

1 緒言

小麦ふすまは、小麦を製粉する際に分離された表皮の部分で、小麦粉中の約15%に相当する。小麦ふすま中には食物繊維が、小麦ふすま100gあたり37gと多く含まれており(表1)、主成分は不溶性食物繊維であるセルロース、ヘミセルロース、リグニンなどである¹⁾。そのほか鉄などのミネラルを多く含んでいる。

食物繊維の生理作用としては、消化吸収能の低下作用、腹部膨満感、腸の蠕動運動促進作用、血清コレステロール低下作用および食後の血糖上抑制作用などが知られている²⁾。

2015年食事摂取基準によると、1日の食物繊維の摂取目標量は、成人男性20g以上、成人女性18g以上とされているが³⁾、国民健康・栄養調査の結果では、日本人の食物繊維摂取量は1日平均13.7gと不足している^{3), 4)}。特に20代の女性は摂取不足が顕著である。そのため、便秘になりやすく、生活習慣病や大腸ガンを発症することも懸念されるため、積極的な摂取が望まれる。

小麦ふすまは、ほとんどが家畜の飼料となっており利用性は高くないが、近年の健康志向の高まりから、パンに添加されることも多くなってきた。しかし、小麦ふすまを添加するとパンの色調を低下させるだけでなく、グルテン形成を阻害するため、パンの膨らみや硬さに影響を与え、食味を悪くする。そのため、小麦ふすまの添加量は、これまで5%程度とされてきた⁵⁾。また前報において、筆者らは小麦ふすまを多量添加した食パンの排便促進効果について調べ、排便回数、排便後の感覚への影響において有意な改善効果を明らかにした⁶⁾。

本研究では上述した背景を受け、小麦ふすまを5%以上、多量に添加しても品質の低下

が少ない小麦ふすまパンを目指し、検討を行った。品質の低下を抑制する方法として、小麦ふすまの水分吸着量の多さに着目し、製パン時の加水量を変えることで、物性面や嗜好面の改良ができないかを調べたので、その結果を報告する。

表1 小麦ふすまの栄養成分* (100gあたり)

たんぱく質	19g
脂質	7.4g
糖質	25g
食物繊維	37g
ナトリウム	2mg
カルシウム	93mg
鉄	13mg
マグネシウム	489mg

*栄養成分表示の値

2 実験方法

1) 材料

小麦ふすまは、市販の「小麦ふすま(販売社:日清ファルマ)」, 強力粉は「カメリア(製造社:日清製粉)」を使用した。

2) 水分吸着量

強力粉と小麦ふすまの混合粉3.0g(小麦ふすまの混合割合0, 10, 20, 30%)を遠心チューブに入れ、蒸留水30mLを加え、1分間攪拌した。さらに10分後同様に攪拌し、この操作を3回繰り返した。次に遠心チューブを遠心分離機(CX-210, (株)トミー精工)で1600G, 25分間遠心分離した。各混合粉に吸着された水の量は、遠心チューブ内の上澄液の量から算出し、混合粉100gあたりの水の吸着量に換算して水分吸着率(%)とした。

3) 試験食品

パンの基本的な材料配合割合は、強力粉250g, ドライイースト4g, 上白糖15g, 食塩4.5g, 脱脂粉乳7.5g, ショートニング5g, 蒸

留水175g(対粉70%)とした。製パン方法は、自動ホームベーカリー（エムケー精工(株)製、HB-100）を用い、標準食パンコースの設定にて、発酵、焼成を行い、食パンを作製した。

試験食品は、強力粉の10、20、30%を小麦ふすまに置換し、それぞれに対して加水する蒸留水を175g（対粉70%）、200g（対粉80%）、225g（対粉90%）に変えて作製した。

焼成後、パンは室温で1時間放冷し、試験に供した。

4) パンの体積

パンの体積は、焼成放冷後のパンを切断せずにそのまま菜種置換法で測定した。比容積は体積を重量で除して算出した。

5) 色調の測定

色調の測定は、測色色差計（日本電色工業（株）製、ZE-6000）を用い、Hunter表色系のL値（明度）、a値（赤色度）、b値（黄色度）を15回ずつ測定した。

6) 物性の測定

テクスチャー測定用試料としてパンの中心部（クラム）から縦・横・高さが30×30×20mmを切り出し、クリープメーター（山電(株)製、RE2-33005C）を用いてテクスチャー測定（硬さ・凝集性）を行った。測定条件はプランジャー：直径8mmの円筒型、圧縮率：70%、スピード：1mm/sとした。測定はそれぞれ5個のパンについて試料片を3個取り出し、合計15個の試料を用いて行った。

7) 官能評価

官能検査は、パンの中心部から切り出した試料片（縦・横・高さが30×30×20mm）を官能試験に供した。パネラーは岐阜女子大学4年次の女子大生20名とし、調査項目は色、

香り、味、きめ細かさ、かたさ、しっとり感、総合評価について嗜好の評価を行った。小麦ふすま20%添加における水分量の違う3つのパンの評価は順位法で、小麦ふすまの添加量を変えた3つのパンの評価は標準パンと比較した5段階評点法（-2～+2）で行った。前者はクレマーの検定表⁷⁾により、後者はMann-WhitneyのU検定により危険率5%の有意性の判定を行った。

3 結果および考察

1) 水分吸着量

強力粉とふすま混合粉の水分吸着量の結果を表2に示した。強力粉（3.0g）の水分吸着量は3.2g、水分吸着率は106.7%であった。ふすまを強力粉の10%、20%、30%置換した場合、水分吸着量はそれぞれ、3.4g、3.92g、4.56gと増加し、水分吸着率も113.5%、130.7%、152.1%となった。ふすまは、小麦粉よりも多くの水分を吸着し、吸着量を増加させるといわれている⁵⁾。今回の結果も同様に、ふすま添加量が増加するにつれ水分吸着量が増加した。ふすまの添加量（X）と水分吸着量（Y）との間には、 $Y = 0.153X + 0.874$ ($r^2 = 0.96$)の回帰式が求められた。以上のことから、ふすまを添加したパンの製造において、加える水分量は、ドウ生地グルテン形成やパンの品質に大きな影響を与えられらる。

表2 水分吸着量

	標準 0%	ふすま 10%	ふすま 20%	ふすま 30%
ふすま (g)	0.0	0.3	0.6	0.9
強力粉 (g)	3.0	2.7	2.4	2.1
水の量 (g)	30.0	30.0	30.0	30.0
上澄量 (g)	26.8	26.60	26.08	25.44
水分吸着量 (g)	3.20	3.40	3.92	4.56
水分吸着率 (%)	106.7	113.5	130.7	152.1

・水分吸着率 (%) = (水分吸着量/3.0) × 100で算出

2) パンの形状

パンの体積の結果を表3に示した。小麦粉に対して適性とされる70%加水において、強力粉のみの標準パン（ふすま0%添加）では、体積は1566mLであったが、ふすま10%添加で1250mL（減少率20%）、20%添加で1196mL（減少率24%）、30%添加で820mL（減少率48%）と小さくなった。ふすま添加を増やすと体積が小さくなることは、これまで報告されている通りであるが、今回の結果から、ふすまを10%添加すると体積は無添加と比べ20%減少し、ふすま添加を20%に増やしても大きな減少はないものの、30%にすると体積が大きく減少し、半分程度になることがわかった。

加水量の増加によるパンの体積について、標準パンでは70%加水よりも80%加水のパンの体積が最も大きく、90%加水では有意に体積が小さくなった。一方、ふすまを添加したパンは10%、20%、30%のどの添加においても加水量が増加するにつれて、体積は有意に増加した。70%加水と比較すると、80%加水では約1.2倍、90%加水では約1.3倍の体積になった。特に、ふすま10%と20%添加において90%加水したパンの体積は、それぞれ1585mL、1548mLであり、標準パンと比較しても、ほぼ同程度のよく膨らんだパンとなった。この結果から、ふすまを多量添加したパンを製造する際には、加水量がパンの体積に大きく影響し、ふすま添加量に応じて加水量を増やす必要があることがわかった。今回は90%加水を最大としたが、それ以上の加水量についても検討する必要があると思われる。また、ふすまを10%、20%添加したにもかかわらず標準パンと同程度に体積が大きくなった理由としては、加水量が十分であったため生地の水和・発酵が促進されたことと、ふすまから抽出されるペントサンの生

地への影響が考えられる。水溶性ペントサンは、グルテンと相互作用を示し、グルテンの網目構造を増加させるといわれている⁵⁾。

表3 ふすま添加と加水量の異なるパンの体積

加水量 ふすま	70%加水	80%加水	90%加水
0%	1566 ± 22 ^b	1637 ± 25 ^b	1430 ± 20 ^a
10%	1250 ± 29 ^a	1495 ± 22 ^b	1585 ± 27 ^c
20%	1196 ± 35 ^a	1428 ± 23 ^b	1546 ± 29 ^c
30%	820 ± 33 ^a	930 ± 16 ^b	1104 ± 29 ^c

・平均値±標準偏差（n = 5）

・異なるアルファベットは、Mann-WhitneyのU検定で、ふすま添加量の異なるそれぞれのパンにおいて、加水量間に有意差（ $p < 0.05$ ）が有ることを示す。

3) パンの色調

パン内部（クラム）の色調結果を表4、表5、表6に示した。70%加水した標準パンとふすま添加パンでは、ふすまの添加量が増すと、L値（明度）は漸次減少、a値（赤色度）は漸次増加し、標準パンとふすま30%添加の値には、大きな差がみられた。b値（黄色味）は10%添加で大きくなるが、それ以上の添加では減少し、標準パンとふすま30%添加の値には大きな差はなかった。

加水量の増加による色調の変化について、L値とb値はどのふすま添加量でも、加水量の増加により減少し、70%加水と90%加水では有意差がみられた。a値は加水量の増加に伴って減少傾向を示したが、有意差はなかった。

以上のことから、ふすまの添加はパンのL値を大きく減少させ、a値を大きく増加させるため、褐色の色調が濃くなることがわかった。しかし、加水量の増加によって、L値、a値、b値はともに減少したため、加水によってパンの明度は低下するが、赤色と黄色の色調は抑制された。

表4 パン（クラム）のL値

加水量 ふすま	70%	80%	90%
0%	67.4 ± 1.2 ^b	70.7 ± 1.2 ^a	64.7 ± 1.0 ^c
10%	59.4 ± 0.7 ^a	56.7 ± 0.9 ^b	55.2 ± 1.5 ^b
20%	51.6 ± 1.1 ^a	50.3 ± 1.1 ^{ab}	50.0 ± 0.6 ^b
30%	45.3 ± 0.9 ^a	45.7 ± 1.6 ^a	43.2 ± 1.3 ^b

表5 パン（クラム）のa値

加水量 ふすま	70%	80%	90%
0%	-2.0 ± 0.4 ^b	-1.2 ± 0.3 ^a	-1.3 ± 0.4 ^a
10%	4.3 ± 0.2 ^a	3.4 ± 0.9 ^a	3.6 ± 0.7 ^a
20%	6.8 ± 0.6 ^a	6.3 ± 0.5 ^a	4.6 ± 0.6 ^b
30%	7.8 ± 0.5 ^a	8.0 ± 0.5 ^a	7.3 ± 0.5 ^a

表6 パン（クラム）のb値

加水量 ふすま	70%	80%	90%
0%	14.1 ± 0.3 ^a	12.9 ± 0.4 ^b	13.5 ± 1.2 ^{ab}
10%	15.8 ± 0.5 ^a	14.4 ± 1.1 ^b	14.4 ± 1.0 ^b
20%	15.4 ± 0.3 ^a	15.1 ± 0.6 ^a	14.0 ± 0.4 ^b
30%	14.6 ± 0.4 ^a	15.0 ± 0.2 ^a	13.7 ± 0.5 ^b

・平均値 ± 標準偏差 (n = 15)

・異なるアルファベットは、Mann-WhitneyのU検定で、ふすま添加量の異なるそれぞれのパンにおいて、加水量間に有意差 ($p < 0.05$) が有ることを示す。

4) パンの物性

パン内部（クラム）の硬さと凝集性を表7、表8に示した。70%加水において標準パンの硬さは 2.4×10^4 Pa、凝集性は0.75であったが、ふすまの添加を10%、20%、30%に増やすと、パンの硬さはそれぞれ 5.1×10^4 Pa、 7.7×10^4 Pa、 10.2×10^4 Paと増加し、凝集性は0.68、0.54、0.36と減少した。ふすまの添加によってパンの硬さは増し、30%添加では、標準パンの約4倍の硬さであった。凝集性も大きく減少し、内部結合力が弱い、もろい生地のパンになった。

しかし、加水量を増加させると、ふすま添加10%、20%、30%のどのパンにおいても、硬さは減少していき、90%加水では、70%加水と比べて有意に減少することがわかった。

凝集性も加水量が増えると高くなり、70%加水と90%加水では有意差が見られた。特に、ふすま10%添加の80%加水、ふすま20%添加の90%加水したパンの硬さと凝集性は、標準パンと比較しても近似の値であった。

このようにふすまを多量添加しても柔らかく、凝集性の高いパンとなった理由は、上述したように、加水量が十分であれば、小麦ふすまに多くの水分が吸着されても、残りの水分によってドウ生地グルテン形成がしっかり行われ、また、ふすまから抽出される水溶性ペントサンがグルテンと相互作用し、グルテンの網目構造が増加したことが考えられる。加水量が多いことで、生地の水和・発酵が促進しやすことも一つの要因になっていると推測した。

表7 パンの硬さ

加水量 ふすま	70%	80%	90%
硬さ ($\times 10^4$ Pa)			
0%	2.4 ± 0.3 ^a	2.5 ± 0.2 ^a	2.9 ± 0.3 ^a
10%	5.1 ± 0.9 ^a	2.6 ± 0.2 ^b	2.8 ± 3.5 ^b
20%	7.7 ± 1.0 ^a	5.2 ± 0.1 ^b	2.9 ± 0.5 ^c
30%	10.2 ± 1.3 ^a	7.9 ± 1.7 ^b	6.6 ± 0.8 ^b

表8 パンの凝集性

加水量 ふすま	70%	80%	90%
0%	0.75 ± 0.03 ^a	0.78 ± 0.03 ^a	0.72 ± 0.03 ^a
10%	0.68 ± 0.04 ^b	0.78 ± 0.01 ^a	0.74 ± 0.03 ^a
20%	0.54 ± 0.04 ^c	0.71 ± 0.02 ^b	0.74 ± 0.01 ^a
30%	0.36 ± 0.01 ^b	0.40 ± 0.05 ^b	0.56 ± 0.03 ^a

・平均値 ± 標準偏差 (n = 15)

・異なるアルファベットは、Mann-WhitneyのU検定で、ふすま添加量の異なるそれぞれのパンにおいて、加水量間に有意差 ($p < 0.05$) が有ることを示す。

5) 官能評価

官能評価の結果を表9、表10に示した。表9は、加水量の異なるふすま20%添加の3つのパンを、順位法で嗜好評価を行った結果である。各項目の結果について、クレーマーの

検定表より、嗜好の有意差を判定した。有意に好まれたのは、いずれも90%加水のパンの「色」「硬さ」「しっとり感」「総合評価」、有意に好まれなかったのは、いずれも70%加水のパンの「味」「硬さ」「しっとり感」「総合評価」であった。多くの項目で70%加水よりも90%加水のパンが好まれた。有意差のあった項目は、加水量が大きく関与する項目であるとみなすことができ、「香り」「きめの細かさ」の項目については有意差がなく、加水量の影響は少ない項目だと考えられる。

表10は、ふすま添加量の異なる90%加水の3つのパンについて、標準パンを評点基準0点とし、5段階評点法で嗜好評価を行った結果である。ふすま10%添加のパンは、「色」が有意に好まれ、他の項目においても、プラスの評価が多く、「総合評価」は+0.4と標準パンより好まれる結果であった。20%添加のパンでは、「味」「きめの細かさ」が有意に好まれなかったが、「色」「しっとり感」はプラスの評価であり、「総合評価」は-0.3で標準パンと同等に好まれた。しかし、ふすま30%添加のパンはすべての項目において評価が低く、有意に好まれない結果であった。このことから、ふすまを10%、20%と多量に添加しても、加水量を90%に増やすことで、標準パンと同等以上に評価され、品質の低下を抑制できることが示された。

今後ふすまを多量添加したパンの品質をさらに向上させるための課題としては、ふすまの添加量の設定（5%刻みにして15%添加量を行う）、加水量の設定（90%より多い加水量で行う）、また、ふすまの粒度がパンの品質に影響するといわれており⁵⁾、細かく粉碎したふすまでの検討を行うことが挙げられる。

表9 加水量の異なるふすま20%添加パンの官能評価（順位法）

パンの種類 評価項目	ふすま20% 加水70%	ふすま20% 加水80%	ふすま20% 加水90%
色	47	42	31 [○]
香り	45	33	42
味	51 [▲]	35	35
きめ細かさ	42	33	35
硬さ	56 [▲]	44	20 [○]
しっとり感	53 [▲]	40	27 [○]
総合評価	56 [▲]	36	27 [○]

・数値は順位の合計数を示す（n = 20）

○：p < 0.05 有意に好まれる

▲：p < 0.05 有意に好まれない

表10 ふすま添加量の異なる90%加水パンの官能評価（標準パンを評点基準0とした5段階評点法）

パンの種類 評価項目	ふすま10% 加水90%	ふすま20% 加水90%	ふすま30% 加水90%
色	+0.8 [○]	+0.4	-1.0 [▲]
香り	+0.1	-0.3	-0.9 [▲]
味	+0.3	-0.6 [▲]	-1.3 [▲]
きめ細かさ	0.0	-0.6 [▲]	-1.4 [▲]
硬さ	0.0	-0.7	-0.9 [▲]
しっとり感	+0.3	+0.1	-0.9 [▲]
総合評価	+0.4	-0.3	-1.6 [▲]

・数値は平均値（n = 20）を示す

○：標準パンとの比較で有意（p < 0.05）に好まれる

▲：標準パンとの比較で有意（p < 0.05）に好まれない

4 要約

小麦ふすまを多量添加しても品質低下が少ない食パンを目指し、加水量の増加が食パンの品質（体積、色調、物性、嗜好性）に及ぼす影響を検討し、以下の結果を得た。

- (1) ふすま添加量が増加するにつれ水分吸着量が増加した。ふすまの添加（X）と水分吸着量（Y）との間には、 $Y = 0.153X + 0.874$ （ $r^2 = 0.96$ ）の回帰式が求められた。
- (2) ふすまを添加したパンの体積は、70%加水では、ふすま添加量が多いほど、大きく減少した。しかし、加水量を90%まで増やすことで、ふすまを多量添加しても体積

は有意に増加し、標準パンと同程度の体積のパンとなった。

- (3) ふすまを添加したパンの色調は、ふすま添加量が多いほど、褐色の色調が濃くなるが、加水量の増加によって赤色と黄色の色調が抑制された。
- (4) パンの硬さと凝集性について、70%加水では、ふすまの添加量が多いほど、パン生地は硬く、凝集性の低いもろいパンになった。しかし、加水量を90%まで増加させると、ふすまを多量添加しても、標準パンと変わらない柔らかさと凝集性の高いパンとなった。
- (5) ふすま20%添加において加水量の異なるパンの試食評価では、「総合評価」を含め多くの項目で70%加水よりも90%加水が有意に好まれた。また、ふすま添加量の異なる90%加水パンでは、ふすまを10%、20%と多量に添加しても、加水量を90%に増やすことで、標準パンと同等以上に評価され、品質の低下を抑制できることが示された。

- (6) 以上より、小麦ふすまを多量添加したパンの品質に及ぼす加水量の影響は極めて大きく、ふすま添加量にあった加水量を行うことで、パンの品質低下は抑制できることがわかった。

参考文献

- 1) 農村漁村文化協会：地域食材大百科 第一巻，穀類・いも・豆類・種実，(社)農村漁村文化協会，東京，p100 (2010)
- 2) 長澤治子：食べ物と健康，医師薬出版，東京，49 (2012)．
- 3) 厚生労働省：平成23年国民・健康栄養調査の概要
- 4) 厚生労働省：2015年食事摂取基準の概要
- 5) 筒井知己，金井節子：小麦ふすまの製パン性に関する研究，聖徳栄養短期大学紀要，26，1-8 (1995)
- 6) 館和彦，小比田友恵，丹生真沙美：小麦ふすま多量添加食パンの摂取が女子学生の排便状況に及ぼす影響，食文化研究，2，35-38 (2014)
- 7) 大羽和子，川端晶子：調理科学実験，学建書院，東京，99 (2003)